

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine: Science de la Nature et de la Vie

Spécialité/Option: Biologie Moléculaire et Cellulaire

Département: Biologie

Thème

Contamination des coquillages: Connaissances biologique et physiologie de *Mytilus galloprovincialis* (Mollusque Bivalve), description histologique des gonades

Présenté par

Sedraoui Ahlem

Sahtout Sarra

Bouzidi Alima

Devant jury

Président: Mokhtari A/H. (MCB)

Université de Guelma

Examineur: Remdani K. (MAA)

Université de Guelma

Encadreur : Drif F. (MCA)

Université de Guelma

2019/2020

Remerciements



Nous commençons par remercier Allah le tout puissant de nous avoir donné le courage, la santé, la volonté et l'amour du savoir pour pouvoir réaliser ce modeste travail.

Tout d'abord nous remercions les membres du jury M^e Mokhtari A. Hamid et M^e Remdani Kamel qui ont accepté de juger ce travail.

Un grand Merci à Mme Drif Fahima de nous avoir encadrés, qui a bien accepté de corriger notre travail et qu'elle n'a cessé de prodiguer ses conseils judicieux et permanents, qui nous ont été d'une aide précieuse.

Nous la remercions pour ses encouragements et pour le temps précieux qu'elle nous a consacré toutes les fois que cela était nécessaire.

Egalement tous ceux qui nous ont soutenus tout au long de ce travail directement ou indirectement, par leur amitié et leur sympathie, trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude.

Dédicace

À l'aide d'Allah, le tout puissant, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie à :

Mon père

Qui a sacrifié sa vie pour rendre la mienne pleine de bonheur et de joie et pour sa compréhension. Que Dieu te procure une bonne santé et une longue vie mon très cher papa.

Ma mère

La source de mes efforts, la flamme de mon cœur, pour ses sacrifices et sa gentillesse, pour leur dévouement et leur soutien morale durant toutes ces années.

Mes frères : Ramzi et Aymen en leur souhaitant bonheur et succès dans leur vie.

À mes chères cousines Noussa et Chahi

À tout la famille SAHTOUT.

À mon trinôme : Ahlem et Alima.

À tous mes amis, surtout Ines et yousra.

Que Dieu le tout puissant nous accorde un avenir meilleur.

SARRA

Dédicace

*Au nom de ALLAH le clément et le miséricordieux
qui par sa grâce nous avons réalisé ce modeste
travail que je dédie à :*

*À l'âme de mon cher grand-père, qui m'a toujours
encouragé. Il m'a rempli de son amour et sa
tendresse.*

*À mon père et ma mère pour leur soutenir moral et
leur sacrifice dans la Réussite de mes études et leur
amour indéfini et très affections pour moi.*

*À mon chère frère : LOTFI et mes chères sœurs :
FATEN, WESSAL et RANIA*

*À mon cher fiancée : SOFIANE qui m'a soutenu
moralement, qui était très patient et compréhensif
pendant les moments de stress.*

À mon trinôme : SARRA et ALIMA.

*À tous mes amis chacun par son nom. Spécialement
FATEN.*

AHEM

Dédicace

Premièrement je remercié beaucoup ALLAH qui m'offre cette réussite.

À ma Mère, ma raison de vivre, le symbole de tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.

Tout les dédicaces du monde ne sauraient exprimer mon profond amour et ma vive gratitude. Que dieu vous garde et vous procure longue vie et santé.

À ma adorable sœur "Sara" en lui souhaitant de réussir et tout le bonheur.

À mon trinôme : Sarra et Ahlem.

À tous mes amis sans exception et d'une façon spéciale : Loubna, Chaima , Maroua, Meriem, Khawla.

À mes tants et mes oncles

À mes cousins et cousines

ALIMA

Sommaire

Liste des figures

Liste des abréviations

I.INTRODUCTION..... 01

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA POLLUTION

1. La pollution	03
1.1. Type de pollution	03
1.2. Source de pollution.....	04
2. Les polluants.....	04
2.1. Type des polluants.....	04
2.1.1. Les métaux lourds.....	04
2.1.2. Les hydrocarbures.....	06
2.1.3. Les pesticides.....	06
3. Effets des polluants.....	07
4. Accumulation et transfert trophique des polluants de nature composé chimique chez les bivalves.....	10
5. Utilisation des <i>Mytilus galloprovincialis</i> comme un bioindicateur de pollution.....	11

CHAPITRE II: PRESENTATION DE L'ESPECE *Mytilus galloprovincialis*

1. Taxonomie.....	12
2. morphologie et Anatomie.....	12
3. Distribution.....	13
4. Physiologie.....	14
4.1. Nutrition et croissance.....	14
5. Biologie	15
5.1. Système digestif.....	15
5.2. Système respiratoire.....	15
5.3. Système circulatoire.....	16
5.4. Système nerveux.....	17
5.5. Système excréteur.....	17
5.6. Système reproducteur.....	18
5.7. Système immunitaire.....	18

5.8. Locomotion.....	18
6. Ecologie.....	19
CHAPITRE III : LA REPRODUCTION DE <i>Mytilus galloprovincialis</i>	
1.Reproduction.....	20
2. Les organes reproducteurs et la gamétogenèse.....	20
3. Reconnaissance des sexes.....	21
3.1. Développement de la gonade mâle.....	21
3.2. Développement de la gonade femelle.....	22
4. Histologie des gonades.....	22
5. Sexualité.....	24
6. Développement embryonnaire.....	30
6.1. Maturité.....	30
6.2. Fécondation.....	31
6.3. Libération des produits sexuels.....	31
7. Cycle de développement	32

Conclusion

Références bibliographiques

Résumé

Abstract

الملخص

Liste des figures

N°	Titre	page
Figure 01	Anatomie de la moule (Bachelot, 2010)	13
Figure 02	Répartition géographique de la moule <i>M. galloprovincialis</i> dans le monde (FAO, 2002)	14
Figure 03	Système respiratoire et lamelles branchiales (Gosling, 1992)	16
Figure 04	Système circulatoire (Deconinck, 1971)	17
Figure 05	Anatomie de l'appareil reproducteur de <i>M. galloprovincialis</i> (Meriouma et Taleb, 2016)	21
Figure 06	Structure histologique de l'épithélium gonadique (Auffret et al., 2003)	23
Figure 07	Aspect histologique de la gonade femelle au stade 1 (Auffret et al., 2003)	25
Figure 08	Aspect histologique de la gonade mâle au stade 1 (Auffret et al., 2003)	25
Figure 09	Aspect histologique de la gonade femelle au stade 2 (Auffret et al., 2003)	26
Figure 10	Aspect histologique de la gonade mâle stade 2 (Auffret et al., 2003)	27
Figure 11	Aspect histologique de la gonade femelle au stade 3 (Auffret et al., 2003)	28
Figure 12	Aspect histologique de la gonade mâle au stade 3 (Auffret et al., 2003)	28
Figure 13	Aspect histologique de la gonade femelle au stade 4 (Auffret et al., 2003)	29
Figure 14	Aspect histologique de la gonade mâle au stade 4 (Auffret et al., 2003)	30
Figure 15	Les étapes de la fécondation chez <i>M. galloprovincialis</i> (His et Canin, 1977)	31
Figure 16	Cycle de vie de <i>M. galloprovincialis</i> (Boukadida, 2017)	33

Liste des abréviations

As : Arsenic

Cd : Cadmium

CO₂ : Le dioxyde de carbone

Cu : Cuivre

ERO : Espèces Réactives Oxygénées

EROD : Ethoxyrésorufine-O-dééthylase

Fe : Fer

GST : Les glutathion S-transférases

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Hg : Mercure

Ni : Nickel

O₂ : Oxygène

OGM : Organismes génétiquement modifiés

Pb : Plomb

PEB : Polychlorobiphényles

pKa : Primary Knock-on Atom

SH : Le groupe sulfhydryle

Zn : Zinc

Introduction

I. INTRODUCTION

La pollution est une dégradation d'un écosystème par introduction, souvent humaine, de substances ou de radiations chimique, nucléaire, sonore et/ou lumineuse qui peuvent menacer le sol, l'air et/ou l'eau et bien sûr les êtres vivants. Un lien existe entre la pollution et stress oxydant est maintenant bien étayé. De nombreuses études ont montré que l'exposition à une pollution augmente les marqueurs de stress oxydant (**Delattre et al., 2005**).

Lorsque, une contamination vient s'ajouter dans l'organisme aux molécules toxiques (les espèces réactives oxygénées « ERO ») que le corps produit tous les jours de par son simple fonctionnement. Bien qu'elle participe ainsi au stress oxydant qui peut donc être dû à une surproduction de et/ou à une diminution de l'activité anti oxydante. Effectivement, ce déséquilibre entre la production d'espèces réactives (radicaux libres) de l'oxygène et le système anti oxydant endogène mène à des atteintes cellulaires et tissulaires.

En particulier, la pollution de l'environnement aquatique est causée par le rejet dans la masse d'eau, des produits physiques excessifs dans l'environnement, causés par les activités humaines et des substances chimiques toxiques (**Galloway et al., 2006**). Outre, de fortes concentrations de pesticides, des hydrocarbures et de métaux lourds sont évacuées dans les mers (**Joiris et al., 2000**).

Plusieurs espèces aquatiques sont utilisées comme indicateurs biologiques, tel que les Mollusques Bivalves. Parmi eux des espèces qui se caractérisent par la présence de coquillages, presque complètement sessile. Les moules sont largement utilisées comme des espèces sentinelles pour la surveillance de l'environnement côtier (**Rainbow, 1995**). Beaucoup d'études sont réalisées sur les branchies, les gonades et le liquide lymphatique (**Viarengo et al., 1991**).

L'espèce *Mytilus galloprovincialis* a été largement étudiée sur la côte Algérienne, du fait que, cette côte a connu un énorme drainage de contaminants (urbains, agricole et industriels) avec ces eaux (**Abdennour et al., 2000**).

Ce travail à été réalisé dans le cadre des études relatives à l'impact de la pollution sur l'une des grandes fonctions « la reproduction » chez le Mollusque Bivalve *M. galloprovincialis*.

Egalement, trois volets complémentaires ont fait l'objet de ce sujet, afin de sensibiliser la population aux risques côtiers.

Synthèse
bibliographique

Chapitre I

Généralité sur la pollution

1. La pollution

La pollution est toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduisant par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ou encore de l'introduction d'espèces exotiques dans une biocénose naturelle (**Ramade, 2005**).

1.1. Types de pollution

Les différents polluants peuvent être émis dans l'atmosphère, évacués dans les eaux usées ou encore répandus sur les sols, sous plusieurs formes : gaz, substances dissoutes ou de particules. On peut distinguer deux catégories de pollution, selon la nature de la substance polluante et selon le milieu contaminé d'après (**Ramade, 2007**).

➤ Selon la nature de l'agent polluant

Pollution physique: Due aux rayonnements ionisants et au réchauffement par une source de chaleur technologique.

Pollution chimique: Par des substances minérales et organiques.

Pollution biologique: L'introduction des espèces exotiques, des micro-organismes pathogènes et aussi par des organismes génétiquement modifiés (OGM).

➤ Du point de vue écologique

Pollution de l'aire: La dégradation de la qualité de l'aire peut résulter soit d'une modification quantitative par augmentation de la concentration dans l'aire de certains de ces constituants normaux (gaz carbonique, peroxyde d'azote ozone ...) soit d'une modification qualitative due à l'introduction de composés étrangers à ce milieu (radioélément, substances organiques de synthèse).

Pollution du sol: Diverses sources peuvent être à l'origine de la pollution des sols notamment l'agriculture moderne et l'activité industrielle d'extraction qui est principalement la cause de contamination et présente par la: transformation, le stockage et le transport (**Ramade, 2007**).

1.2. Sources de pollution

La majeure partie des polluants rejetés dans l'environnement parvient au milieu marin, soit indirectement par les rivières, le ruissellement ou l'atmosphère, soit directement par les rejets à la mer d'origine urbaine, agricole, ou industrielle (**Lakaze, 1993**). Or, la capacité naturelle des zones côtières à disperser et assimiler les polluants est limitée (**Djedaoune, 2015**). Cependant, l'émotion légitime suscitée par les conséquences d'une pollution accidentelle en milieu marin ne doit pas masquer la situation de fond constituée par les apports de pollution chronique d'origine multiple (**Marchand, 2002**).

2. Le polluant

Désigne un agent physique, chimique ou biologique qui provoque une gêne ou une nuisance dans le milieu liquide ou gazeux. Au sens large, le terme désigne des agents qui sont à l'origine d'une altération des qualités du milieu, même s'ils y sont présents à des niveaux inférieurs au seuil de nocivité. Pour les polluants qui ont un effet nuisible sur les organismes vivants, on réserve le terme de contaminants. Certains xénobiotiques sont des polluants tel que les polluants de l'eau. Dans ce milieu les êtres vivants sont donc obligatoirement exposés à ces composés et doivent être capables de faire face à leurs propriétés potentiellement délétères qui ne permet pas leur élimination de l'organisme ou leur réactivité chimique avec certains constituants cellulaires (**Beaune et Loriot, 2000**).

2.1 Types de polluant

Les polluants sont classés en polluants physiques (radiations ionisantes, pollution thermique), polluants chimiques (hydrocarbures, matières plastiques, pesticides, détergents, composés organiques de synthèse divers, dérivés du soufre, nitrates, phosphates, métaux lourds, fluorures, particules minérales (aérosols) et polluants biologiques (matière organique morte, microorganismes pathogènes) (**Ramade, 2011**).

2.1.1. Les métaux lourds

Aussi nommés éléments-traces métalliques, sont présents dans le milieu marin de façon naturelle et certains sont mêmes essentiels au bon fonctionnement de nombreux processus biologiques. Les métaux sont présents en « quantités traces » car ils représentent 0.6 % masse du totale des constituants de la croûte terrestre et représentent aussi « la trace » du passé géologique et de l'activité anthropique (**Blum, 1990**).

D'ailleurs, de trop grandes concentrations de ces métaux, principalement des métaux dits non-essentiels, peuvent s'avérer toxiques pour les organismes aquatiques (**Daby, 2006**).

Les métaux lourds présents dans l'eau et dans les sédiments sont absorbés par les plantes et les animaux marins. Les métaux s'accumulent dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire. Ils peuvent atteindre des concentrations menaçant la survie de certaines populations naturelles et présenter des dangers pour la santé humaine (**Liehr et al., 2005**).

Certains sont indispensables à faible teneur au déroulement des processus biologiques. Cependant, ils peuvent devenir toxiques, ou peuvent mettre en cause la qualité des différents constituants de biosphère, dès que leur biodisponibilité devient trop importante (**Allway, 1968**).

- Types

Les éléments essentiels sont des éléments indispensables à l'état de trace, pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (**KabataPendias et Pondias, 2001**). Certaines peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil, c'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe). Par exemple le zinc (Zn), à la concentration du milli-molaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et les lipides (**Adriano, 2001**).

Les éléments non essentiels ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration, ils n'ont aucuns effets bénéfiques connus pour la cellule (**Baker et al., 1989**) ne sont potentiellement toxiques. Ce sont des micropolluants de nature à entrainer des nuisances, même quand ils sont rejetés en quantité très faibles. Ces éléments qui ne présentent pas une fonction métabolique, sont connus comme « non essentiels » et généralement ont un seuil de concentration beaucoup plus bas pour devenir toxiques (**Aranguren, 2008**). Leur toxicité se développe par bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire. C'est le cas du plomb(Pb), du mercure(Hg) et du cadmium(Cd) (**Nies, 1990**).

2.1.2. Les hydrocarbures

Elles sont peu représentatives pour l'environnement car elles sont des doses administrées par diverses injections par voie orale ou par application cutanée. Ils ont une faible solubilité dans l'eau et une grande solubilité dans les huiles et dans la plupart des solvants organiques, Leur solubilité leur confère une bonne mobilité dans les eaux et dans les sols où ils ont des importants impacts environnementaux. Ils sont facilement accessibles aux micro-organismes sous forme solubilisée (Negraia, 2010).

2.1.3. Les pesticides

Le terme "pesticides" est une appellation générique couvrant toutes les substances (molécules) ou produits (formulations) qui éliminent les organismes nuisibles, qu'ils soient utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications (Inra, 2006). La substance ou le microorganisme qui détruit ou empêche les organismes nuisibles de s'installer sur leurs hôtes est désignée substance active à laquelle sont associés dans la préparation un certain nombre de «formulant» (mouillants, solvants, anti-mousses,...etc.) qui la rendent utilisable (ACTA, 2005).

Les pesticides sont présents dans presque tous les milieux de l'environnement y compris les eaux de surface, les eaux souterraines, l'air ambiant, la poussière, le sol, le brouillard, la pluie et la glace. Sont classés en fonction de la famille chimique à laquelle appartiennent les substances actives. Compte tenu du nombre considérable de ces produits (près de 800 matières actives différentes dans plus de 6000 préparations commerciales IFEN, 2004).

✓ Types des pesticides

En fonction de leurs usages, les pesticides peuvent être classés en quatre grandes familles :

- Les herbicides: Egalement appelés désherbants, sont destinés à lutter contre les mauvaises herbes qui tuent ou freinent la croissance des végétaux.
- Les insecticides: Sont utilisés pour éliminer les insectes, ou leur larves, qui se nourrissent des cultures.

- Les fongicides: Permettent de tuer les champignons parasites qui provoquent chez les plantes diverses maladies dont la pourriture.
- Les autres pesticides: Ce sont, par exemple, les molluscicides, les rodenticides, les nématicides, les corvicides qui permettent de lutter, respectivement, contre les limaces, les rongeurs, les nématodes et les corbeaux. On trouve également les fumigants qui servent à désinfecter les sols (INRA, 2006).

3. Effets des polluants

Les effets toxicologiques des polluants dans l'environnement aquatique ont été évalués principalement au niveau des populations, des communautés et des écosystèmes grâce à la mise en œuvre des tests éco-toxicologiques. Cependant, dans les années 80 un effort croissant a été fourni dans la recherche de biomarqueurs au niveau cellulaire et moléculaire: modifications biochimiques, physiologiques, histologiques et aberrations chez les organismes exposés aux polluants (Maurice, 1996).

Les Mollusques Bivalves sont utilisés comme espèces témoins de la pollution urbaine. Ils présentent plusieurs avantages pour des études liées à la contamination des milieux marins. Leur nature sessile, leur mode d'alimentation par filtration et leur faible capacité à métaboliser les composés organiques exogènes en font des organismes idéaux pour bioaccumuler des contaminants dans des proportions relativement similaires aux concentrations du milieu (Mylène, 2011).

Les moules méditerranéenne (*Mytilus galloprovincialis*) exposées à la contamination urbaine se conduisent à l'induction de vitellogénine, une augmentation considérable des concentrations de vitellogénine dans les gonades, des effets potentiels de perturbateurs endocriniens. De plus, l'apparition de plusieurs effets importants sur la reproduction, la croissance et le développement des individus et des anomalies histologiques des gonades.

- Effets des métaux lourds

Une fois que les métaux lourds ont été libérés dans le milieu, soit par des processus naturels (altération) ou anthropiques (exploitation minière) depuis leur source, ils peuvent être transportés par voie éolienne via des aérosols ou par voie aqueuse via l'eau, les matières en suspension ou les sédiments de fond des cours d'eau, leurs concentrations est un paramètre

important pour caractériser l'impact. Toutefois, il est très important de connaître la disponibilité de leurs concentrations dans le milieu vis-à-vis des organismes terrestres et aquatiques (**Alloway et Ayres, 1997**).

Les métaux lourds ont tous un potentiel toxique qui dépend principalement de leur concentration dans le milieu considéré et de leur biodisponibilité, c'est-à-dire. de leur fonction soluble et accessible par les organismes. De fortes concentrations en métaux lourds même essentiels sont toxiques pour les organismes vivants (**Maynaud, 2012**). La toxicité des ces éléments dépend de:

- Avoir un pouvoir putrescible « biodégradable »
- Toxicité à de faible concentration.
- Avoir une grande tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques.

Néanmoins, quelques métaux lourds, comme Zn, Cu, Cd et Fe, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants. Ils s'avèrent toxiques quand les niveaux de concentration deviennent supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb, Hg et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques (**El-Hraiki et al., 1992**). A faibles concentrations, beaucoup de métaux lourds, dont Hg, Cd, Pb, As et Cu inhibent la photosynthèse et la croissance du phytoplancton (**Biney et al., 1994**). Les effets observés à des niveaux trophiques supérieurs se manifestent par un retard du développement embryonnaire, des malformations et une décroissance des adultes chez les organismes marins, tel que les mollusques et les crustacés (**Alabaster, et lioyd, 1982 ; Howells, 1994**). L'aptitude des mollusques à accumuler les métaux lourds à des concentrations largement plus élevées que leur environnement. Chez les bivalves, toute la cavité palléale baigne dans le milieu environnemental, le métal soluble est pris par les téguments exposés (le manteau et la branchie). Le métal particulaire est pris par le tube digestif par deux voies de prise, la prise dépend de la spécification très complexe du métal dans le milieu (**George, (1980 ; Simkiss et Mason, 1983)**). Certains auteurs ont insisté sur l'importance de la voie indirecte (digestive) à cause de la capacité de filtration et d'ingestion des particules par les bivalves (**Schulz-Baldes, 1974 ; George et Pirie, 1980**). Par contre, d'autres auteurs ont mis en évidence l'importance de la voie directe (branchie et manteau), c'est le cas du Cd chez l'espèce *Mytilus* (**Mouabad, 1991**).

- Effets des hydrocarbures

Les effets toxiques des hydrocarbures dépendent des concentrations des composants aromatiques légers dans l'hydrocarbure et de la durée de l'exposition à ces composants. Ils varient des effets comportementaux ou mortalités massives localisées d'organismes marins.

En généralisant, les pétroles bruts légers et les produits raffinés tels que l'essence ou le kérosène, contiennent des proportions relativement élevées de composés aromatiques de faible masse moléculaire qui peuvent causer des effets toxiques aigus. Les stocks sauvages sont parfois victimes d'effets toxiques suite à d'importants déversements d'hydrocarbures légers à proximité du littoral, particulièrement par tempête ou forte houle. De ces circonstances, plutôt que de s'évaporer rapidement les composants toxiques légers peut se disperser dans la colonne d'eau et devenir confinée dans les eaux peu profondes, résultant en des concentrations suffisamment élevées pour causer la narcose ou la mortalité des organismes marins (Negraia, 2010).

Les études en laboratoire ont démontré que l'exposition des espèces aux composants plus toxiques de l'hydrocarbure en plus faible concentration pouvait entraîner des troubles de diverses fonctions physiologiques, telles que la respiration, la locomotion et la reproduction et pouvaient accroître la probabilité de mutations génétiques des œufs et des larves. Il est cependant difficile de détecter de tels effets sub-létaux sur le terrain et aucun impact massif sur les stocks qui pourrait être prédit par estimation des résultats obtenus en laboratoire (ITOPF, 2013).

Des effets aigus on été observés à la suite de l'inhalation ou l'ingestion des hydrocarbures, soit des troubles digestifs (douleurs abdominales, nausées et vomissements), des troubles neurologiques troubles de conscience, diverse puis somnolence pouvant aller jusqu'au coma et convulsions à très hautes doses et une pneumopathie d'inhalation (due à l'inondation des voies respiratoires par le produit et aggravée par les vomissements éventuels) (Negraia, 2010).

- Effets des pesticides

Les pesticide peuvent être responsables de pollutions diffuses et chroniques et/ ou aiguës et accidentelles, lors de leur fabrication, transport, utilisation ou lors de l'élimination de produits en fin de vie. Dégradés, inutilisée ou interdits. Les risques pour l'environnement sont d'autant

plus grands que ces produits sont toxiques, utilisés sur des surfaces et à des doses /fréquences élevées et les écosystèmes (insecticides néonicotinoïdes et déclin des abeilles). Les pesticides peuvent pénétrer dans l'organisme par inhalation, ingestion ou par voie cutanée, ils peuvent avoir des effets aigus et /ou des effets chronique sur la santé humaine.

4. Accumulation et transfert trophique des polluants de nature composé chimique chez les bivalves

La bioaccumulation désigne la capacité des organismes à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme les polluants. Les substances non biodégradables vont se concentrer le long des divers maillons de la chaîne trophique (**Casas, 2005 ; Bodin, 2005**). Le processus se déroule en trois étapes, l'assimilation, la bioaccumulation par l'individu ou bioconcentration et la bioaccumulation entre individus ou bioamplification.

Les polluants pénètrent sans aucune difficulté à l'intérieur de la cellule où ils peuvent s'accumuler et générer des processus cytotoxiques. Toutefois, les cellules ont développé des mécanismes de biotransformations visant à inactiver ces substances en métabolites plus hydrosolubles donc plus facilement excrétables (**Parant, 1997**).

Les polluants de nature chimique dissous ou en suspension dans l'eau peuvent pénétrer à l'intérieur des organismes aquatiques par la peau ou au travers le tractus gastro-intestinal. Les composés présents dans les sédiments peuvent être absorbés par contact dermique direct ou ingestion, ceux présents dans les plantes et les animaux des premiers niveaux trophiques sont généralement absorbé par ingestion. Cependant les composés chimiques insolubles dans l'eau peuvent se retrouver solubilisés dans la matière organique (colloïdes, particules, sédiments) en suspension dans l'eau (**Maurice, 1996**). La capacité que peuvent avoir ces substances à traverser la membrane intestinale et à pénétrer la circulation systémique joue un rôle crucial dans l'assimilation. Le mécanisme de transport des toxiques à travers les entérocytes de la bordure en brosse et de la membrane basale est mal connu, il est généralement admis que le mouvement des composés lipo-solubles s'effectue par diffusion.

Les Mollusques, grâce à leur capacité d'accumulation, ont été les premiers organismes sentinelles utilisés dans les programmes de surveillance de la contamination chimique de l'écosystème. L'un des premiers dispositifs utilisé, nommé Mussel Watch, a été mis en place aux Etats-Unis en 1965 sous le contrôle d'IEPA. Cet outil est destiné à évaluer la qualité de

l'eau de mer (**Goldberg *et al.*, 1978**) par l'analyse de polluants (métaux lourds, molécules organochlorés et HAP) bio-accumulés dans les moules.

5. Utilisation de *M. galloprovincialis* comme un bioindicateur de pollution

L'accumulation des polluants dans les coquillages relève bien plus de phénomènes chroniques que d'accidents passagers (**Claisse, 1992**). Surtout que, les moules sont utilisées pour la consommation humaine et sont donc une source potentielle de contaminants pour l'homme (**Cossa, 1989**). En tant que filtreurs, les bivalves sont réputés d'être de bons indicateurs de pollution et leur utilisation comme bioindicateur remonte au milieu des années 1970 avec la mise en place du premier programme de biomonitoring international : le « Mussel Watch Program » (**Gaitonde *et al.*, 2006**). L'espèce est un bivalve largement reconnu comme bioindicateur de pollution et spécialement les métaux traces. La teneur en métaux dépend étroitement de leur biodisponibilité et de leur mode de pénétration. Parmi les facteurs de sélection des bio-indicateurs:

- La capacité de bioaccumulation: L'espèce accumule des métaux avec un facteur de concentration de 103 à 105.
- Caractère intégrateur d'une espèce: La moule a une espérance de vie relativement grande.
- Critère de représentativité: L'espèce est sessile et subit des déplacements mineurs au cours de sa vie.
- Faisabilité de la bio-surveillance: Elle a une taille suffisante et elle est en abondance (la collecte et le traitement des échantillons doit être facile) (**Cossa, 1989**).

Chapitre II

Présentation de l'espèce *Mytilus galloprovincialis*

1. Taxonomie

La classification des Mollusques repose sur des critères anatomiques discriminant les grands axes taxonomiques, auxquels s'ajoute la distribution géographique. Le genre *Mytilus*, de la famille des Mytilidés (Pélicypodes) est principalement défini par la forme de la coquille, en particulier par son embout en position terminale.

La classification de la moule, *Mytilus galloprovincialis* s'établit comme suit:

Règne: Animal

Sous-règne: Métazoaires

Phylum: Mollusques

Classe: Bivalves

Sous-classe: Ptériomorphes

Ordre: Mytiloidés

Famille: Mytilidés

Genre: *Mytilus*

Espèce: *M. galloprovincialis* (Lamarck, 1819).

2. Morphologie et Anatomie

La moule est composée de deux valves égales, reliées par un ligament externe au niveau d'une charnière sans dent et maintenues par deux muscles adducteurs (**fig.01**).

Le pied, linguiforme, IL peut se replier sous l'action de deux muscles rétracteurs. A sa base se trouve la glande byssogène. Cette dernière synthétise des filaments (byssus) qui fixent la moule à son substrat. Une fois qu'ils sont sécrétés, les filaments se solidifient au contact de l'eau de mer. Peu mobile, malgré qu'elle puisse "ramper" grâce à son pied locomoteur.

Les branchies sont une caractéristique majeure des lamellibranches. Elles consistent en de grands organes en feuillets opérant deux séries de phénomènes, la respiration et la filtration de la nourriture à partir de l'eau. Deux paires de branchies sont localisées sur chaque côté du corps.

La fermeture générale des valves est assurée par deux muscles adducteurs (antérieur et postérieur). Ces muscles sont antagonistes du ligament, qui grâce à son élasticité assure l'ouverture de la coquille.

Le manteau enveloppe l'ensemble de la masse animale et assumant à la fois la sécrétion de la coquille et le rôle de support des gonades.

L'hémolymphe est l'équivalent du plasma des vertébrés. Chez la moule, ce compartiment correspond essentiellement du point de vue de sa composition saline à l'eau de mer environnante (Lubet, 1963). Il contient aussi quelques protéines et des lipides, circulant sous forme de globules ou de vésicules (Martin *et al.*, 1970).

Les hémocytes sont les cellules circulant dans l'hémolymphe et présentant des caractéristiques de certains leucocytes des vertébrés. Ce sont des cellules totipotentes, elles interviennent dans les processus de régénération de la coquille et des tissus en cas de blessure et joue un rôle important dans le système immunitaire (immunité non spécifique) en phagocytant de petites particules et des microorganismes (Fisher, 1988).

La glande digestive (ou hépatopancréas) elle assure la digestion et l'absorption des aliments captés par les branchies. Cet organe est encore appelé hépatopancréas car il joue chez cet invertébré un rôle analogue au foie des vertébrés (Pagliassoti *et al.*, 1994).

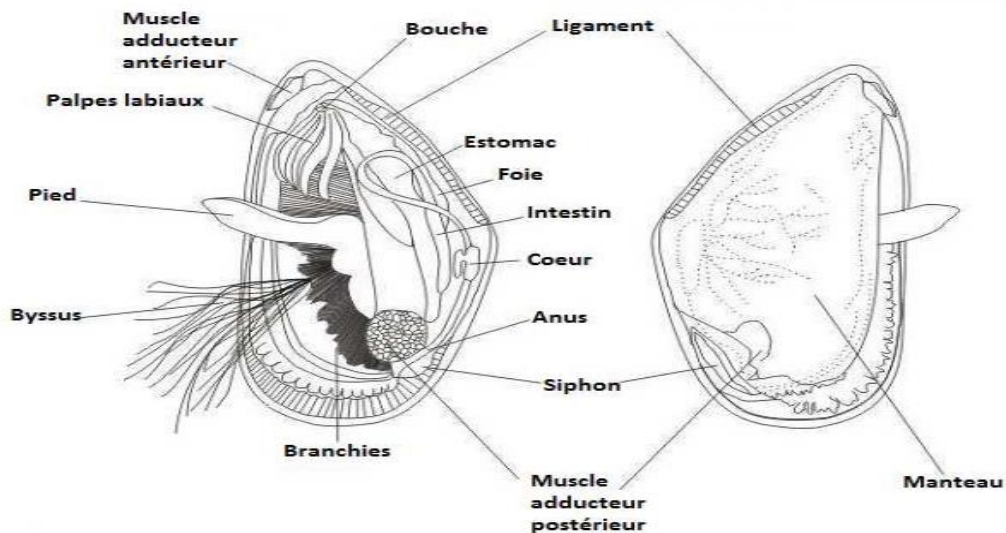


Figure 01 : Anatomie de la moule (Bachelot, 2010).

3. Distribution

Mytilus galloprovincialis est une espèce des zones à distribution géographique méditerranéenne. L'aire de répartition de cette espèce s'étend sur la côte atlantique depuis la

baie d'Agadir (Maroc) jusqu'au îles britanniques et englobe aussi l'ensemble du bassin méditerranéen, l'Afrique du sud, la Nouvelle-Zélande et la Californie (McDonald *et al.*, 1991)(fig.02).



Figure 02 : Répartition géographique de la moule *M. galloprovincialis* dans le monde (FAO, 2002).

4. Physiologie

4.1. Nutrition et croissance

La *Mytilus galloprovincialis* est un animal microphage. Cela signifie qu'elle se nourrit de petites particules en suspension dans l'eau de mer. Pour se nourrir, la moule filtre l'eau de mer à travers ses branchies et récupère les particules alimentaires qui y sont retenues. Ce sont les algues microscopiques bactéries et débris organiques qui constituent l'essentiel de sa nourriture (le phytoplancton) (Bouchard, 2004).

La croissance des moules dépend de plusieurs paramètres biotiques et/ou abiotiques. L'étude biométrique de Lubet (1973) a montré que la croissance de *M. galloprovincialis* varie

selon les biotopes et les conditions physico-chimiques du milieu, et selon la densité de la population qui augmente beaucoup dans les zones soumises aux influences océaniques.

5. Biologie

5.1. Système digestif

La bouche est située dans la partie antérieure du corps, dont les lèvres se continuent par deux paires de palpes labiaux. L'œsophage est très court et débouche sur l'estomac dont partent les diverticules digestifs également appelés foie où la digestion a eu lieu. L'intestin est relié à l'estomac et se termine par le rectum qui traverse le ventricule du cœur. L'anus est situé près du siphon exhalant (**Bachelot, 2010**).

Les tubules digestifs contiennent deux types de cellules: les cellules digestives et les cellules sécrétrices.

Les cellules digestives sont les plus nombreuses, dont la partie apicale porte des microvillosités. Le noyau est basal, les mitochondries sont abondantes. Elles se caractérisent par la présence de vacuoles hétérophagies à différents stades d'exclusion. Elles jouent un rôle de digestion intracellulaire, mais peuvent présenter fonction de digestion extracellulaire par émission de sphères de fragmentation (**His et Cantin, 1992**).

5.2. Le système Respiratoire

Les échanges d'oxygène se font par l'intermédiaire des branchies. L'eau chargée en oxygène dissous pénètre dans la cavité palléale via le siphon inhalant. Elle est filtrée par les filaments des deux paires de branchies lamelleuses avant d'être évacuée par le courant exhalant. L'oxygène ainsi capté pénètre dans l'hémolymphe pour être distribué dans tout l'organisme. Lorsque la moule se retrouve à l'air libre, elle ferme sa coquille et passe à une respiration anaérobie (respiration réalisée par certains organismes en l'absence d'oxygène) (**Cahen, 2006**) (**fig.03**).

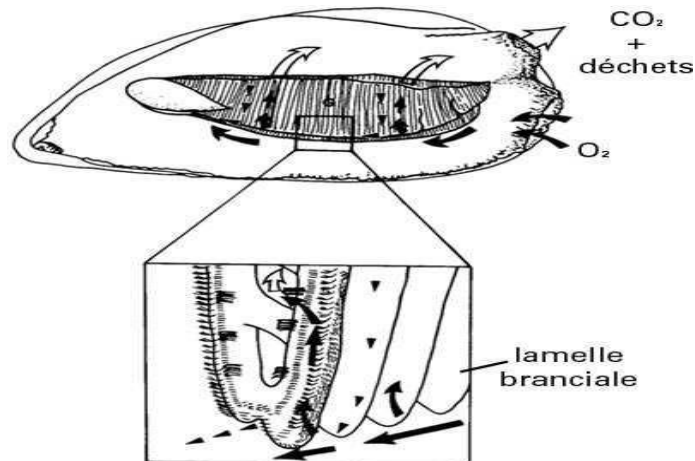


Figure03 : Système respiratoire et lamelles branchiales (Gosling, 1992).

5.3 Système circulatoire

L'appareil circulatoire est relativement simple. On y trouve un cœur dorsal (enveloppé par le péricarde) qui comprend deux oreillettes latérales et un ventricule. L'hémolymphe chassée dans deux aortes, est distribuée aux différentes parties du corps par un réseau de vaisseaux sanguins. Ce système artériel aboutit à des espaces libres sans parois propres : les lacunes. L'hémolymphe n'est plus, à ce moment, canalisée en un système de vaisseaux individualisés. Elle gagne ensuite les reins, où elle est purifiée, avant de pénétrer dans les branchies. Dans ces organes, elle s'enrichit alors en oxygène (O₂) et se décharge en gaz carbonique (CO₂). Une fois oxygénée, l'hémolymphe rejoint les oreillettes du cœur. A ce circuit principal se superpose un circuit accessoire. En effet l'hémolymphe qui circule dans le manteau a la possibilité de suivre une voie de retour directe au cœur sans passer par les reins ni les branchies. Lors du passage dans le manteau, un échange d'oxygène et de gaz carbonique a lieu également (Gosling, 1992) (fig.04).

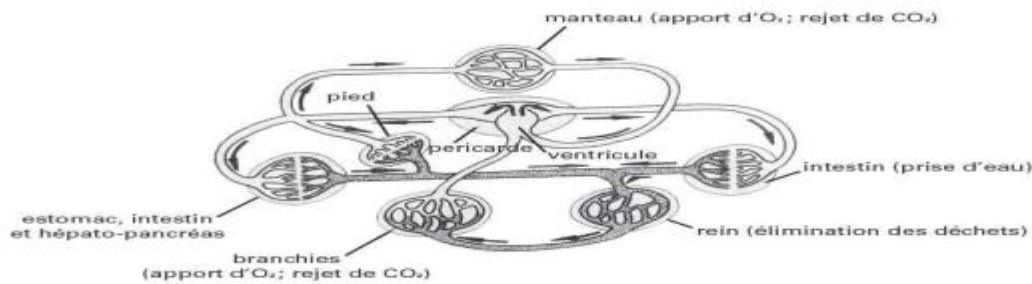


Figure04 : Système circulatoire (Deconinck, 1971).

5.4. Le système nerveux

Le système nerveux de la moule est simple, et il est formé de trois paires de ganglions. Une paire de ganglions cérébroïdes au voisinage de la bouche. Une paire de ganglions pédieux se trouve à la partie antérieure de la base du pied. Une paire de ganglions viscéraux s'observe dans la partie postérieure du corps. Ces ganglions sont réunis par des filets nerveux ou connectifs et innervent les différentes parties du corps. Des cellules neuro-épithéliales sont dispersées sur tout le tégument et sont très abondantes au bord du manteau. (His et Canin, 1992).

5.5. Le système excréteur

Le système excréteur comprend deux reins qui communiquent à la fois avec la cavité péricardique et la cavité palléale. Chaque rein débute par un pavillon cilié, le néphrostome qui s'ouvre dans le péricarde, puis le tube néphridien se dilate en une poche à paroi phsée avec un épithélium sécréteur. Dans la paroi de cette poche sont logés les sinus sanguins rénaux. L'épithélium sécréteur comprend des cellules à guanine et des cellules ciliées dont les battements entraînent l'urine vers la vessie, puis la cavité palléale au niveau de la papille urogénitale. De plus, les glandes péricardiques tapissent la paroi interne du péricarde. Les cellules de ces glandes fixent les substances de déchets dans la cavité péricardique pour être évacuées au niveau des reins (His et Cantin, 1992).

Les bivalves possèdent deux néphridies en forme U, qui communiquent avec le péricarde qui assure l'excrétion de l'acide hippurique. Les glandes de Weber rejettent les déchets dans le liquide péricardique, où ils sont repris par amibocytes qui, par les vaisseaux sanguins et les

tissus, atteignent le milieu extérieur au niveau des branchies. Les pores excréteurs sont situés dans la région postérieure de compartiment palléal dorsal (**Beaumont et Cassier, 2004**).

5.6. Système reproducteur

Est le système biologique constitué de l'ensemble des organes anatomique qui participent à la reproduction. Chez les organismes sexués, on parle des organes sexuels ou organes génitaux chez les animaux. Les organes du système reproducteur remplissent au minimum les fonctions de production des cellules sexuelles nommées gamètes. Chez les animaux est notamment les Mollusque, le système reproducteur est fondé sur les gonades (femelle et mâle) (**His et Canin, 1992**).

5.7. Le système immunitaire

Le système immunitaire inné des mollusques bivalves repose sur les constituants cellulaires et les effecteurs humoraux solubles de l'hémolymphe, lesquels jouent un rôle majeur dans la protection de l'animal contre les microorganismes envahisseurs.

Chez les mollusques marins, les hémocytes sont les cellules immunitaires circulantes engagées dans plusieurs réactions cellulaires et la synthèse de molécules immunoactives. Les hémocytes sont capables de phagocyter et de migrer dans tous les tissus. Leur action est dirigée envers les microorganismes afin de les phagocyter et les détruire via l'action d'enzymes hydrolytiques ainsi que par la production et la libération de radicaux toxiques de l'oxygène et de l'oxyde nitrique (**Johnstone et al., 2008; Mount et al., 2004**).

5.8. Locomotion

La moule adulte est un animal fixé, espèce sessile, elle résiste aux courants, aux chocs des vagues et à l'arrachement grâce aux solides filaments du byssus qui sont soudés au rocher. Le pied, linguiforme, permet le déplacement et l'enfouissement de l'animal dans le sable Elle peut se déplacer, mais très lentement, c'est une espèce qui ne fait jamais de grand voyage, car elle est de nature semi-sédentaire. Il peut se replier sous l'action de deux muscles rétracteurs. A sa base se trouve la glande du byssus. Elle synthétise des filaments (byssus) qui fixent la moule à son substrat. Une fois qu'ils sont sécrétés, les filaments se solidifient au contact de l'eau de mer (**Bouchard, 2004**).

6. Ecologie

La moule se rencontre principalement dans les zones des marées des mers tempérées des hémisphères Nord et Sud. Elle colonise l'estran, zone qui s'étend de la ligne du flux maximum (vives-eaux) à la ligne de reflux maximum (mortes-eaux). Dans cet espace libéré régulièrement par la mer, les conditions de vie sont difficiles. Les organismes vivants sont recouverts d'eaux ou asséchés, suivant les variations journalières de flux et de reflux. Les zones les plus hautes ne sont couvertes que lors des marées de vives-eaux. Les zones les plus basses ne sont découvertes que lors des marées de mortes-eaux. Dans ces zones de marées, la moule peut coloniser et couvrir de vastes espaces (bancs de moules) (Cahen, 2006).

➤ Adaptations aux facteurs écologiques

Le corps de *Mytilus galloprovincialis* est protégé par une coquille. Elle s'accole à d'autres moules et se fixe sur un substrat, de la sorte l'impact des vagues se fait moins ressentir. Lorsque le niveau de l'eau descend, la moule retient l'eau en fermant ses valves. Elle est protégée contre le dessèchement, l'air, la lumière et la prédation. Quand l'oxygène vient à manquer dans l'eau ainsi retenue, la moule passe à un mode de respiration anaérobie. Elle résiste à de nombreux facteurs abiotiques (température, salinité) ce qui permet de la retrouver dans la zone la plus élevée de l'estran (Cahen, 2006).

➤ Mortalité et prédation

Différents facteurs influencent la mortalité et la dispersion des populations des moules : la température, la salinité, le dessèchement, l'hydrodynamisme, les compétitions intra et interspécifiques et la prédation. La prédation est la plus importante à cause de la mortalité des moules. Les prédateurs les plus importants sont l'escargot pourpre. Les moules se protègent contre ce prédateur en l'immobilisant dans les filaments du byssus. Les étoiles de mer préfèrent les moules de grande taille (7 cm) et peuvent provoquer la disparition d'une fraction très importante de population de moules. Le crabe est le plus féroce des prédateurs (*Cancer pagurus*, *Xantho incisus*, *Carcinus maenas* et *Portinus puber*). Les poissons plats comme le flétan), la plie apprécient également les moules (Kitching *et al.*, 1959).

Chapitre III
La reproduction de *Mytilus*
galloprovincialis

1. Reproduction

La reproduction est reconnue comme un élément essentiel pour le maintien de l'équilibre des communautés dans les écosystèmes. La gamétogenèse chez les Mollusques Bivalves comprend comme chez tous les métazoaires actuels une ovogénèse et une spermatogénèse dont le déroulement est bien connu (**Abbada-boudjema, 1983**).

2. Les organes reproducteurs et la gamétogénèse

Chez les Bivalves, la gonade peut être différenciée et bien visible comme chez les Pectinidae, ou bien indifférenciée et enveloppant la glande digestive comme chez les Ostreidae et les Mytilidae. Dans ce cas, elle est localisée sous l'épithélium du manteau, enveloppée dans du tissu conjonctif. Le volume et l'aspect extérieur de la gonade varient lors de la gamétogénèse. Sur la base de ses critères, plusieurs auteurs ont proposé des classifications permettant de qualifier, macroscopiquement, des stades de maturation correspondant aux évolutions histologiques de la gonade (**Lubet, 1959 ; Martiel, 1960 ; Galtsoff, 1964 ; Le Dantec, 1968 ; Thielley, 1993**).

La gonade est constituée d'un ensemble de follicules au sein desquels vont évoluer les cellules germinales lors de la spermiogénèse ou de l'ovogénèse. Les sexes sont généralement séparés mais les Bivalves présentent, dans la majorité des cas, un hermaphrodisme fonctionnel (cas des coquilles Saint-jacques, *Pecten maximus*) ou bien un hermaphrodisme successif comme chez les crépidules ou les huîtres. Chez les huîtres plates, la protérandrie semble la règle (**Yonge, 1960 ; Martiel, 1976**) alors que, chez les huîtres creuses, la sexualité est dite alternative (**Galtsoff, 1961 ; Le Dantec, 1968**) (fig.05).

La spermiogénèse détaillée a fait l'objet de plusieurs publications (**Tranter, 1958 ; Galtsoff et Philpott, 1960**). L'ovogénèse a également été abondamment étudiée (**Daniels et al., 1973 ; Albertini, 1985 ; Pipe, 1987 ; Dorange, 1989 ; Thielley, 1993**). L'évolution de la gonade mâle et femelle au cours des quatre phases de classification est décrite par (**Chiperfield, 1951**). L'environnement des cellules gonadiques, bien que peu étudié (**Lubet, 1959 ; Medhioub et Lubet, 1988 ; Dorange, 1989 ; Thielley, 1993**), revêt une grande importance car les tissus et les cellules qui le composent concourent aux échanges nutritionnels nécessaires à la maturation des gamètes.

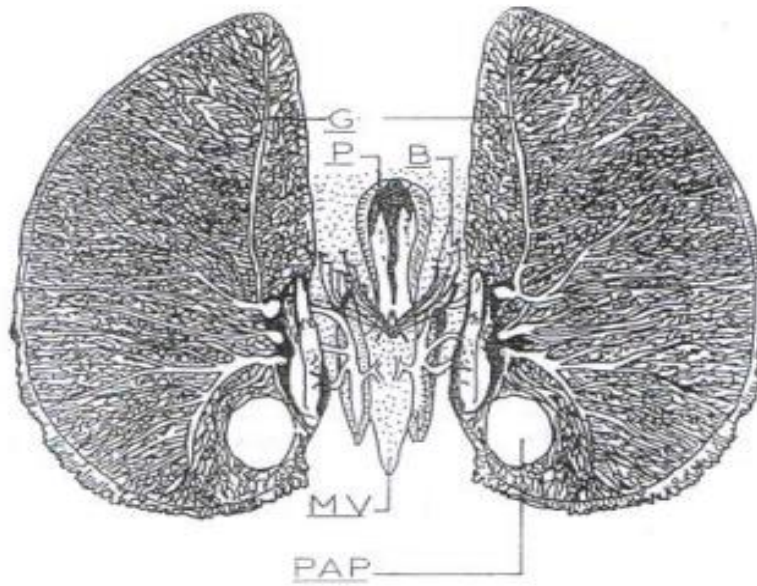


Figure 05: Anatomie de l'appareil reproducteur de *Mytilus galloprovincialis* (Meriouma et Taleb, 2016).

B: Byssus. MV: Masse viscérale. G: Gonoductes.
P: Pied. PAP: Passage de l'adducteur postérieur.

3. Reconnaissance des sexes

Les moules sont des animaux gonochoriques. Cependant quelques rares cas d'hermaphrodisme ont été signalés par (Lubet, 1959) chez *Mytilus edulis*. Les moules sont dépourvues de caractères sexuels secondaires. Toutefois, en période de maturité, la couleur de la gonade nous permet de déterminer le sexe. Ainsi, la gonade femelle aura des teintes allant du jaune- orangée au rose saumon, tandis que la gonade mâle sera blanc-jaunâtre (Haouchine, 1995).

Ces critères de coloration se retrouvent chez beaucoup de Bivalves, Cette coloration n'est pas suffisante pour pouvoir discerner avec certitude le sexe (Djediati, 1993). Cet examen de couleur de la gonade doit être donc suivi d'un examen microscopique (histologique) pour confirmer que la gonade rose-saumon est femelle et que la gonade blanc-jaunâtre est mâle.

3.1. Développement de la gonade mâle

Chez *M. galloprovincialis*, la spermatogenèse est centripète et nous retrouvons, dans les tubules spermatiques, des cellules germinales à différents stades de maturation:

- Les cellules souches peuvent présenter un pédoncule cytoplasmique qui les relie à la lame basale du tubule spermatique.
- Les spermatogonies, reliées entre elles par des ponts cytoplasmiques, forment un véritable syncytium. Elles subissent, comme les spermatocytes 1, une phase d'accroissement qui chez le mammifère n'affecte que ces derniers. Évolution des spermatides passe par différentes étapes morphologiques. Nous avons pu mettre en évidence sept stades intermédiaires aboutissant à la formation du spermatozoïde mature (**Haouchine, 1995**).

3.2.1 Développement de la gonade femelle

Le début de l'ovogénie montre des follicules dispersés dans le tissu conjonctif. Ces follicules contiennent. Des ovocytes prévitellogénétiques de petite taille (10/µm) dont le noyau, occupe une grande partie de la cellule; le cytoplasme est peu développé. On trouve dans ce premier stade quelques ovocytes en début de vitellogénèse,

Chez les femelles matures, les ovocytes, de forme polyédrique, ont achevé leur vitellogénèse. Le noyau apparaît clair. Le cytoplasme est plus foncé et plus granuleux que celui des ovocytes en début de vitellogénèse. La membrane ovocytaire épaissie. Le tissu conjonctif a entièrement disparu. Certaines cellules d'aspect granuleux sont les cellules de Leydig, dénommées cellules nourricières (**Tranter, 1958**).

Après la ponte, la gonade a perdu sa turgescence. Les ovocytes résiduels forment des amas nécrotiques déformés (**Lucas, 1963**).

4. Histologie des gonades

➤ Tissu épithélial

L'épithélium apparaît de type simple et cubique, Les assises basales de ce tissu épithélial pseudo-stratifié sont constituées de cellules au cytoplasme dense et au rapport nucléocytoplasmique élevé ; il s'agit probablement de cellules indifférenciées et de cellules de transit amboïdes. Les cellules épithéliales se localisent superficiellement, elles sont unies latéralement par diverses différenciations de leur membrane plasmique. À la partie apicale des cellules, les membranes montrent des régions de jonctions serrées et des desmosomes comme systèmes jonctionnels (**Germaine, 1989**) (**fig.06**).

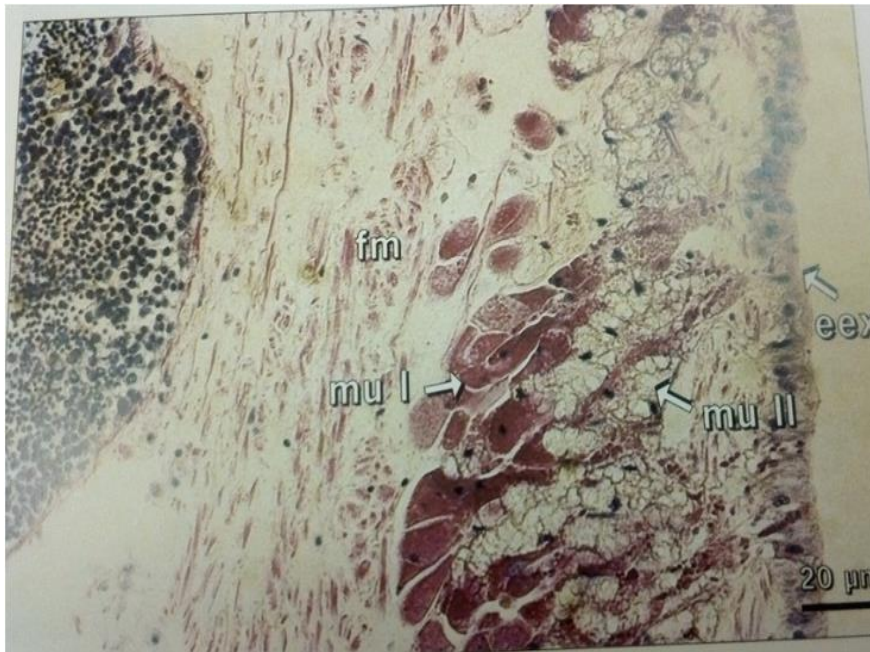


Figure 06: Structure histologique de l'épithélium gonadique (Auffret *et al.*, 2003).

(mu II): Les mucocytes II ; (mu I):les mucocytes I; (e ex):épithélium externe.

➤ Tissu conjonctif

Le tissu conjonctif interstitiel présente les mêmes types de fibres et de cellules que le tissu sous-épithélial périgonadique. Contient volumineuses cellules, rondes ou ovales, Elles sont surtout abondantes en période hivernale. Ce type cellulaire, est aussi présent sous le tissu conjonctif du tégument de la glande génitale ou des conduits évacuateurs, et dans les lacunes hémolympatiques où elles adhèrent largement à la lame basale (Germaine, 1989).

❖ Type de cellule

➤ Hémocytes

Ce sont des cellules polymorphes au faible rapport nucléocytoplasmique. Souvent dissymétriques, Le cytoplasme envahi de vésicules de reticulum lisse entre lesquelles des inclusions denses hétérogènes. Leur noyau, de forme variable, est petit, sombre, et possède une chromatine très mottée. Les caractéristiques structurales de ces cellules correspondent à celles des hémocytes de type II. Ces cellules sont surtout observées près de l'épithélium, ainsi qu'à proximité des acini ou des sinus hémolympatiques. Des hémocytes libres à fonction

macrophagique sont parfois présents dans la lumière des acini ainsi qu'à la jonction acinus-gonoducte tant dans la partie mâle que femelle (**Germaine, 1989**).

➤ Cellules musculaires

Les cellules musculaires sont fréquentes et se présentent soit de manière dispersée, soit groupées en faisceaux. Elles présentent généralement des contours irréguliers, parfois profondément échancrés, et une chromatine abondante en périphérie (**Germaine, 1989**).

➤ Fibroblastes

Ils sont bien représentés dans ce tissu conjonctif périgonadique. Leur noyau est parfois allongé, ovale ou nettement irrégulier. Dans certains cas, un gros nucléole est visible. La chromatine se présente en amas épars et sous forme d'un liseré périphérique. Le cytoplasme est plus ou moins abondant. Ainsi des vacuoles de réticulum lisse, quelques profils de réticulum granuleux et des mitochondries éparses peuvent y être observés.

➤ Les acini

Les acini ont l'aspect classique d'ampoules s'ouvrant sur un conduit évacuateur, Leur diamètre, en période de maturité sexuelle est de l'ordre de 400-500 µm. Sur leur pourtour, délimité par le tissu conjonctif interstitiel, on peut aisément discerner les gamètes, aux différents stades d'évolution selon les périodes de prélèvement (**Germaine, 1989**).

5. Sexualité

A l'exception de quelques cas rares d'hermaphrodisme (1/1000). La moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* est une espèce gonochorique (**Gosling, 1992**), saine à dimorphisme sexuel (**Boutan et al., 1900**).

➤ Gamétogenèse et cycle sexuel

L'échelle de (**Chiperfield, 1951**) comprend quatre stades:

- **Stade 1 (indifférencié):** Est une phase de repos sexuel, dont il n'y a pas de produits génitaux. La gonade femelle est de couleur orangée, tandis la gonade mâle est de couleur blanchâtre. L'individu accumule des réserves lipidiques et glucidiques au niveau de ces organes qui sont formées d'un ensemble d'acini réduits à des îlots des gonies quiescentes. A ce stade, les cellules germinales sont indifférenciées (**fig.07-08**).

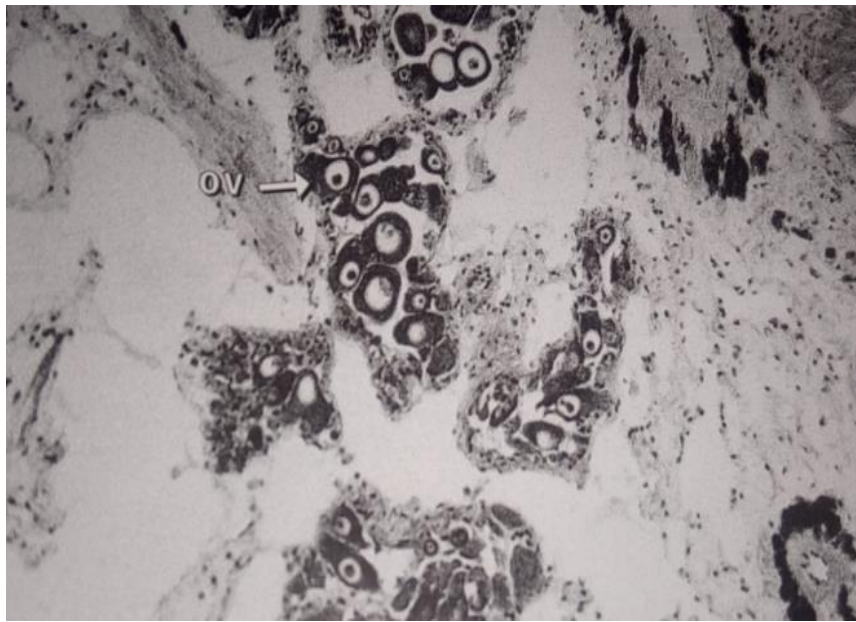


Figure 07: Aspect histologique de la gonade femelle au stade 1. (Auffret *et al.*, 2003)

(ov : ovocyte).

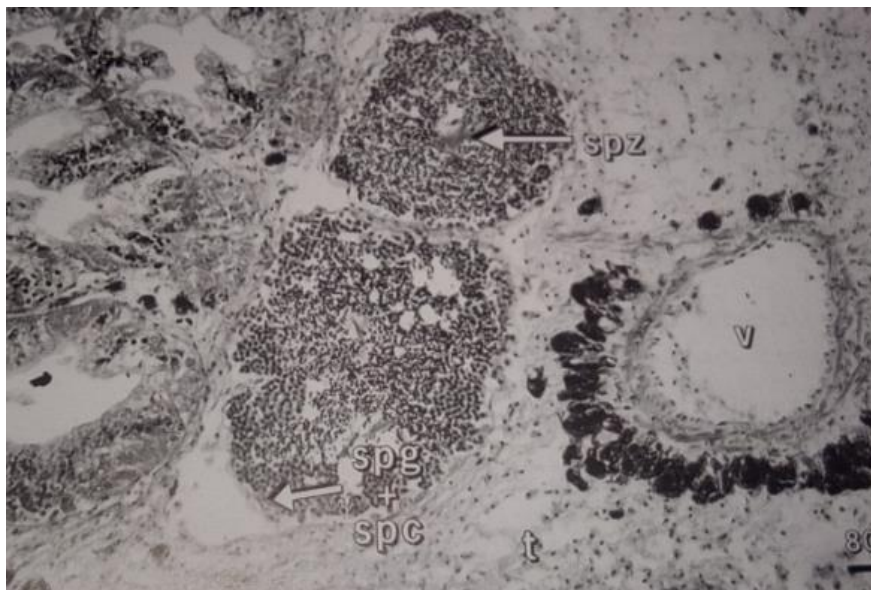


Figure 08 : Aspect histologique de la gonade mâle au stade 1(Auffret *et al.*, 2003)

(spc : spermatocytes ; spg :spermatogonies ; spz : spermatozoides ; v : vaisseau hémolympatique).

- **Stade 2 (début de développement):** A ce niveau, les follicules et les tubules contiennent des cellules dans leur phase initiale de développement mitotique. Chez les femelles, les ovogonies sont en voie de développement et restent attachées à la paroi

des follicules. Alors que chez les mâles, la différenciation des spermatogonies et même quelques spermatocytes sont observés, c'est-à dire que, le manteau qui enveloppe la gonade est moins homogène (**fig. 09-10**).

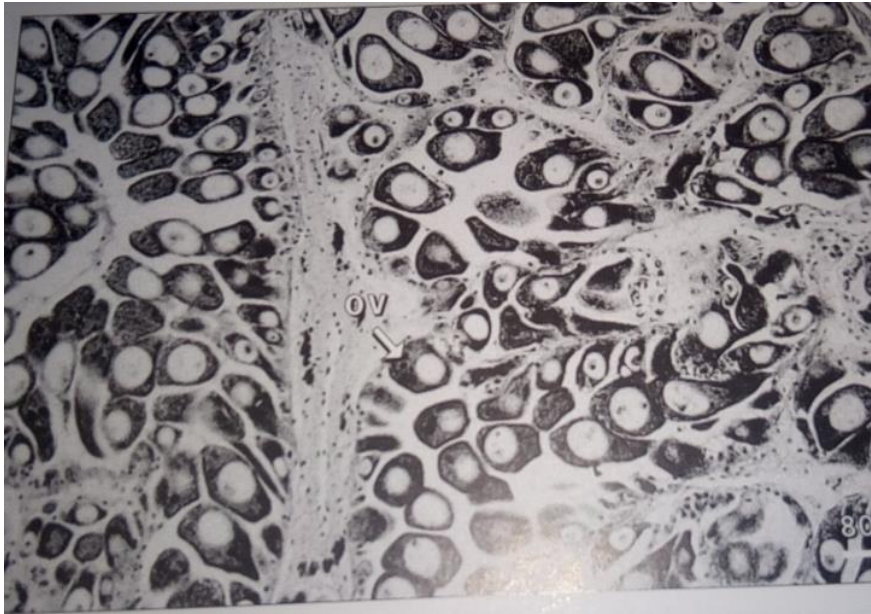


Figure 09: Aspect histologique de la gonade femelle au stade 2 (Auffret *et al.*, 2003)

(ov : ovocyte).

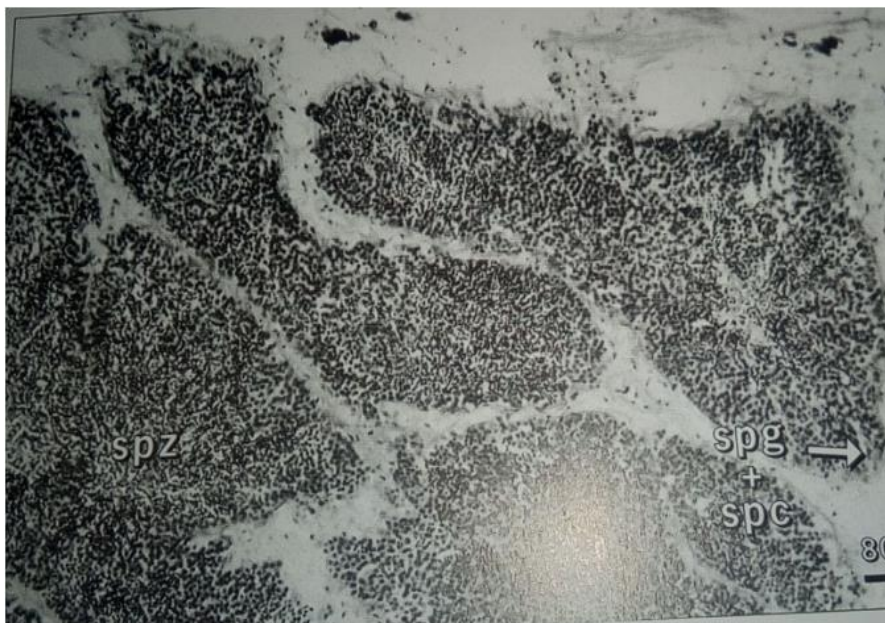


Figure 10: Aspect histologique de la gonade mâle au stade 2 (Auffret *et al.*, 2003)

(spc : spermatoocytes ; spg : spermatogonies ; spz : spermatozoïdes).

- **Stade 3 (Développement):** Les ovules et spermatozoïdes encore immatures. L'ovogenèse ou la spermatogenèse est centripète, c'est-à-dire qu'elles activent depuis la périphérie vers la lumière des follicules et des tubules. Les ovocytes sont pour la plupart pédonculés c'est-à-dire qu'ils adhèrent à la paroi folliculaire mais entrent en croissance, avec un noyau peu distinctif, c'est la phase de vitellogenèse. Les spermatozoïdes, groupés en rosette dans la lumière tubulaire, sont en majorité mobiles. (fig. 11-12).

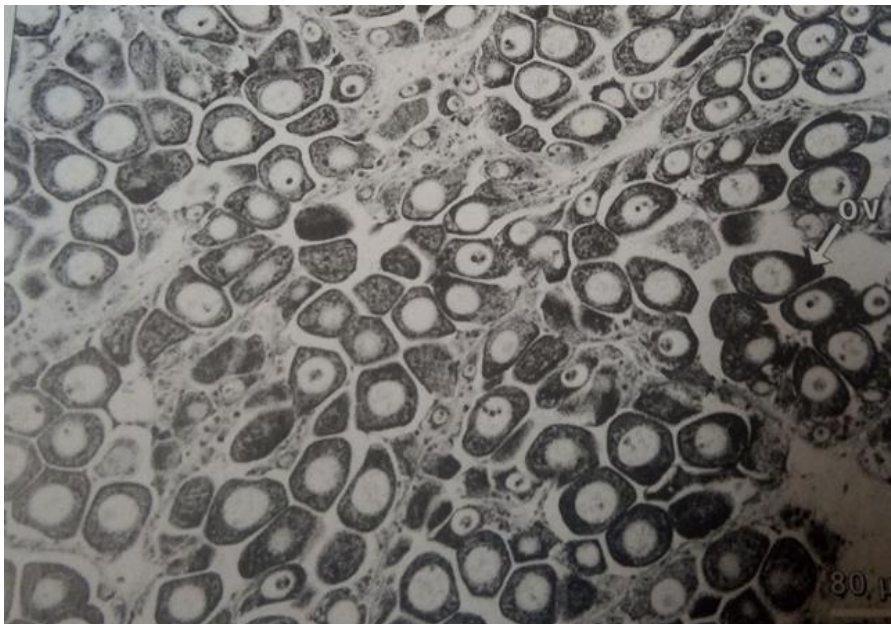


Figure 11: Aspect histologique de la gonade femelle au stade 3 (Auffret *et al.*, 2003)

(ov : ovocyte).

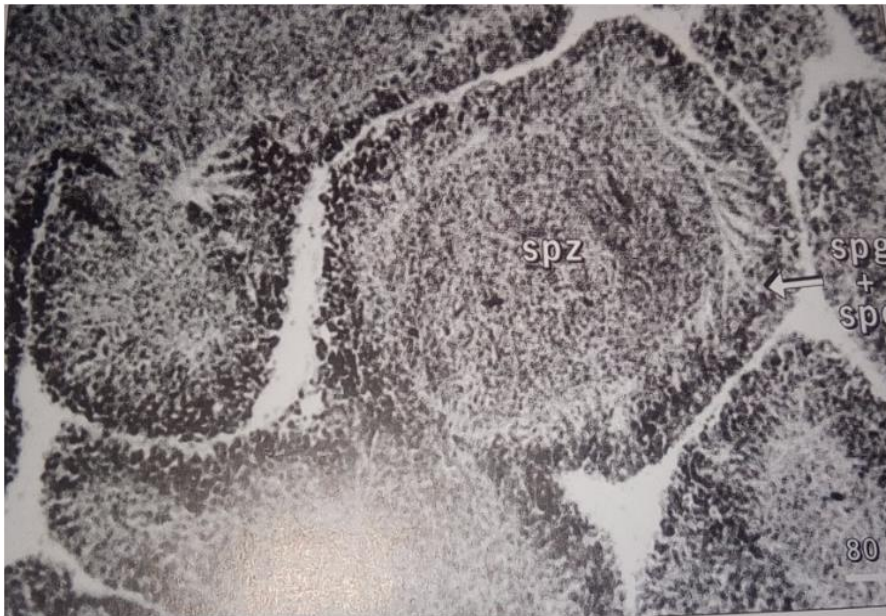


Figure 12: Aspect histologique de la gonade mâle au stade 3 (Auffret *et al.*, 2003)

(spc : spermatocytes ; spg : spermatogonies ; spz : spermatozoïdes).

- **Stade 4 (Maturité):** La maturité sexuelle est atteinte et les gamètes sont prêts à être émis. Le manteau devient translucide et la glande sexuelle peut se vider en une ou plusieurs fois. Outre, chez les individus femelles la plupart des ovocytes ne sont plus pédonculés et envahissent la lumière folliculaires, d'où les follicules sont remplis d'ovocytes matures (avec une taille relativement homogène), présentant un noyau distinctif et parfois nucléole visible. Chez les mâles, les spermatozoïdes sont très abondants et se regroupent dans la lumière tubulaire et l'espace inter tubulaire et leurs flagelles (éosinophiles) pointent vers la lumière du tubule (Banni *et al.*, 2011 ; Gosling, 1992) (fig. 13-14).

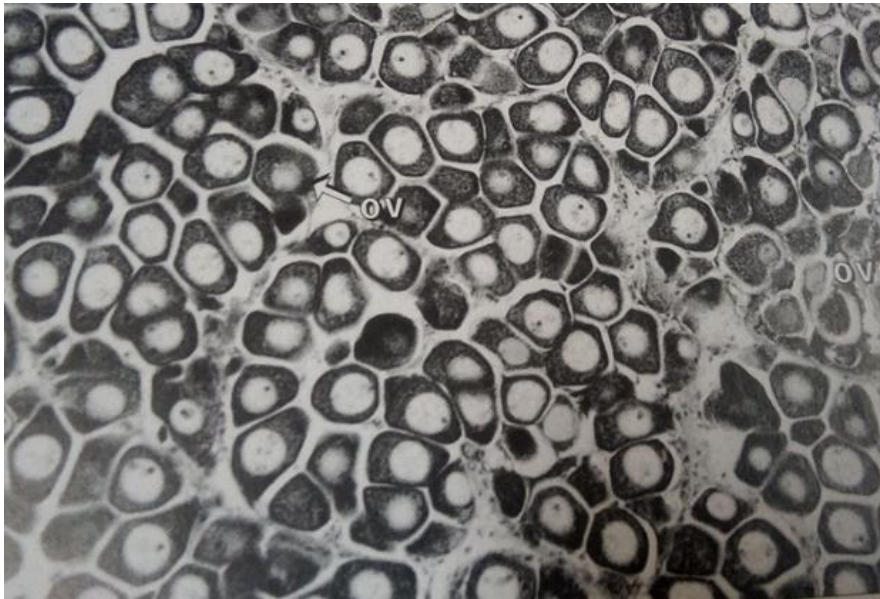


Figure 13: Aspect histologique de la gonade femelle au stade 4 (Auffret *et al.*, 2003)
(ov : ovocyte ; ovd : ovocyte dégénéréscnt).



Figure 14: Aspect histologique de la gonade mâle au stade 4 (Auffret *et al.*, 2003)
(spz : spermatozoides).

6. Développement embryonnaire

Le développement embryonnaire des Mollusques décrit par **Raven (1966)** ; englobe une série des processus qui sera brièvement décrit à continuation, à savoir la maturité sexuelle des ovocytes et la fécondation et les différentes phases de développement, jusqu'à l'arrivée au stade larvaire.

6.1. Maturité

Chez la majorité des bivalves, la maturité sexuelle dépend beaucoup plus de la taille que de l'âge. La taille atteinte à la maturité sexuelle dépend des espèces et de leur distribution géographique (**Lucas, 1965**).

L'appareil reproducteur est formé simplement par les gonades (ce qui facilite le changement de sexe) qui ne sont pas anatomiquement distinctes; elles sont formées d'acini envahissant la masse viscérale et le manteau et comprenant des gamètes mâles ou femelles.

6.2. Fécondation

La fécondation chez ces espèces est externe et se fait dans l'eau de mer. Toutefois, il est fréquent d'observer chez les moulières qu'elles libèrent leurs gamètes simultanément dans l'environnement marin (**Lubet, 1959**). Les femelles sécrètent une substance appelé fertilisine qui déclenche l'éjaculation chez les mâles (**Campbell et Nicholls, 1986**). Ainsi, les gamètes sont libérés et fécondés (**fig. 15**).

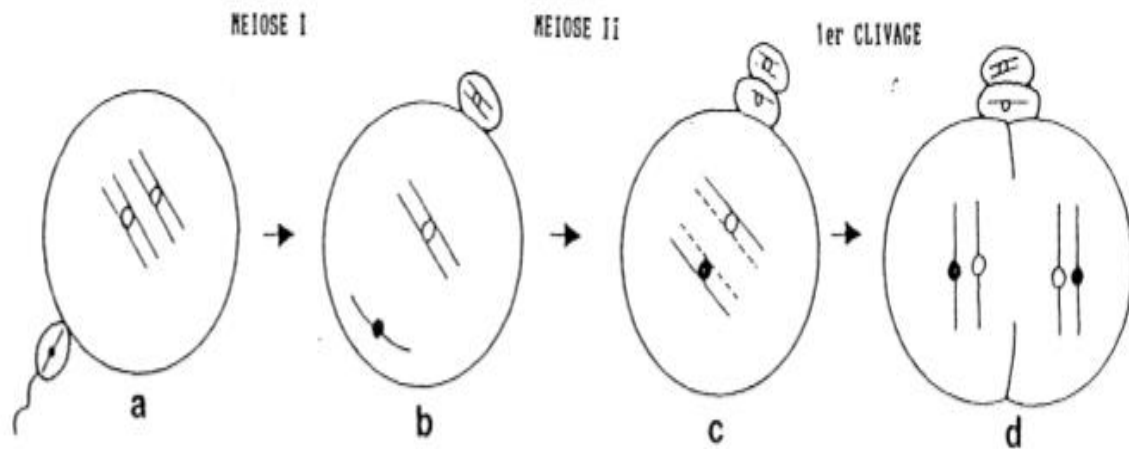


Figure 15: Les étapes de la fécondation chez *M. galloprovincialis* (His et Cantin, 1977).

a: l'œuf lors de sa libération au stade métaphase de la méiose l'activation par le spermatozoïde. **b:** méiose 1 complète; le premier globule polaire est émis ; le nucleus mâle a pénétré l'œuf. **c:** méiose II achevée; le second globule polaire a été émis; les pronucléus mâle et femelle s'unissent. **d:** premier clivage, perpendiculairement au point d'émission des globules polaires.

6.3. Libération des produits sexuels

La libération du sperme peut durer plusieurs heures. Les valves sont alors largement ouvertes mais n'effectuent pas de mouvements rapides, Le sperme est évacué par l'ostium sous la forme d'un "cordon" dense qui se dissocie rapidement dans l'eau de mer ambiante. Chez les femelles, des œufs agglomérés en cordons a également lieu par l'ostium mais les valves effectuent des mouvements rapides (cloniques) d'ouverture et de fermeture qui chassent violemment de la cavité palléale. (Boucart et Lubet, 1963).

7. Cycle de développement

➤ Phase embryonnaire

La fécondation est marquée par l'expulsion de deux globules polaires (suite à la méiose), qui initie le début de la division cellulaire (50 à 80 minutes après la fécondation). Chez les

moules, la segmentation est de type spirale. Après environ 6 heures, des cils apparaissent et l'embryon commence à se déplacer en tournant doucement.

➤ Phase larvaire

Le premier stade larvaire est la trochophore qui est couverte de cils courts. Elle a une forme générale de toupie et présente chez la moule, une longue touffe apicale de cils, le flagellum. Une glande coquillière se développe à partir de l'ectoderme dorsal; une couronne de cils ou prototroche, située au pôle apical joue le rôle d'organe nageur.

La deuxième stade larvaire est la véligère atteint dans les premières 24 heures après la fécondation. Il se caractérise par un organe de nage bilobé, le vélum cilié. La coquille, d'abord impaire, est formée des deux valves qui entourent la masse viscérale (**His et Cantin, 1977**).

➤ Métamorphose

Le développement larvaire d'une moule peut durer jusqu'à 35 jours en fonction des conditions environnementales, avant de trouver un substrat naturel pour se fixer et passer de la vie pélagique à la vie benthique. La fixation sur le support peut comporter plusieurs tentatives. Une fois le substrat définitif trouvé, la larve se métamorphose et il s'agit d'un phénomène irréversible. La métamorphose est caractérisée par la dégénérescence de vélum, l'apparition des ébauches branchiales, l'allongement du pied, la coquille devient oblique avec un crochet bien visible et commence à s'organiser. Il s'agit du stade de larve plantigrade (**Carriker, 1961**) qui mesure 480 à 500 µm.

➤ Phase juvénile

C'est le stade des naissains qui ressemble à l'adulte avec tous les organes en place à l'exception de la gonade. Lorsqu'elle atteint 1 à 2 mm, la jeune moule se détache de son substrat d'origine (ex : algue). Les moules sont encore capables de se déplacer pour trouver un substrat favorable pour se fixer dans des fissures protégées (**Le Gall, 1969**).

➤ Phase adulte

Elle est très variable selon les populations et difficilement calculable du fait de l'exploitation des gisements naturels, Des observations personnelles faites en rade de Toulon ont montré, sur des stations préservées (cages), que la longévité moyenne était de 3 à 4 ans mais que

certaines individus pouvaient atteindre 8 années et peut-être les dépasser (Lubet, 1963 ; Lubet et Chappuis, 1966) (fig. 16).

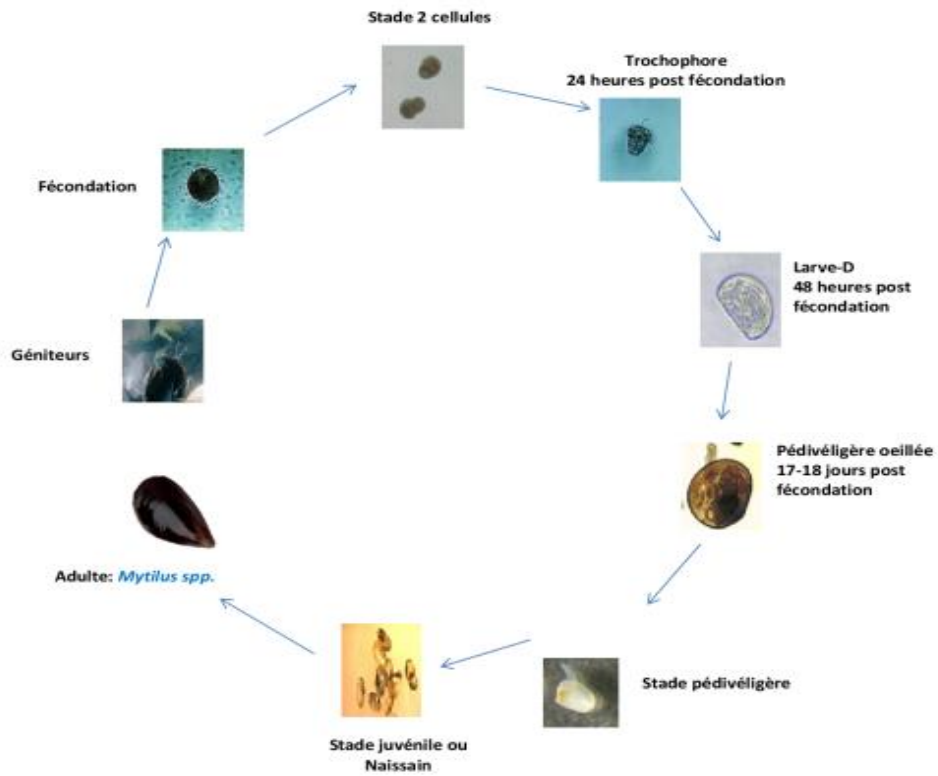


Figure 16: Cycle de développement de *M. galloprovincialis* (Boukadida, 2017).

Conclusion

Conclusion

La pollution marine est devenue un des problèmes majeurs posés par l'environnement, et les sources de cette pollution ne cessent d'accroître et les conséquences sont visibles et multiples sur les animaux marins. L'impact de la pollution sur les écosystèmes et la santé humaine est un problème inquiétant. Divers polluants toxique d'origine naturelle ou artificielle ont endommagé surtout la vie aquatique.

Au cours de ce travail, nous avons essayé de comprendre comment l'adaptation des espèces marines en présence de pollution, notamment l'espèce *M. galloprovincialis* (Mollusques Bivalves), réagissent à un environnement pollué par les métaux lourds, hydrocarbures et d'autres toxines et confirment l'intérêt d'utiliser la moule comme Bioindicateur de la pollution en raison de son pouvoir élevé de concentrer les polluants.

De plus, des connaissances sur la reproduction et le développement des gonades chez les deux sexes de l'espèce *M. galloprovincialis* sont illustrées. On se concentrant sur l'étude histologique qui nous a permis de bien comprendre les stades de la gamétogenèse.

Références

Bibliographique

Références bibliographiques

A

Abdennour, C.; Khelili, K.; Boulakoud, M.S. et Rainbow, P.S. (2000). Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 432: 217-227p.

Abbada-boudjema, Y. (1983). Cinétique, croissance, production et composition biochimique des deux Bivalve Mytilidés *perna perna* et *mytilus galloprovincialis* (lmk) du littoral algéroise. muséum national d'histoire naturelle

Association de Coordination Technique Agricole ACTA, (2005). Index Phytosanitaire. (41^{ème} éd). Paris. France. 820 p.

Adriano, D.C. (2001): Trace metals in terrestrial environments. biogeochemistry bioavailability and risks of metals. Springer-Verlag (2^{ème} éd). New York. 866p.

Alabaster, J.S. et lloyd, R. (1982): water quality criteria for freshwater fish. 2eme ed. Butterworth. London. 361p.

Albertini, L. (1985) : Recherche cytologique et expérimentales sur l'ovogénèse chez la moule (*Mytilus edulis* L. mollusque bivalve). Thèse, Univ Caen. France. 117p.

Allaway, W.H. (1968): Agronomic controls over the environmental cycling of trace element. *Adv. Agron.* 20: 235-274p.

Alloway, B.J. et Ayres, D.C. (1997). Chemical principles of environmental pollution. blackie academic and professional, an imprint of chapman and hall, London, 394 p.

Auffret, M.; Barillé, L.; Besnard-Cochennec, N.; Blanc, F.; Baucaud-Camou, E.; Chollet, B.; Henry, M.; Jabbour-Zahab, R.; Le Pennec, M.; Lubet, P.; Mathieu, M. et Thielley, M. (2003). Atlas d'histologie et de cytologie des Mollusques Bivalves marins. Ifermer. France. 201p.

B

Bachelot, M. (2010). contamination de moules (*mytilus sp.*) en milieu marin par des substances pharmaceutiques et produits de soin, thèse de doctorat, université Montpellier1, Unité de formation et de formation de Recherche des sciences pharmaceutiques et Biologique, 61p.

Baker, A.J.M.; Shaw, A.J. et Walker, P.L. (1989): Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. Heavy metal tolerance in plants: evolutionary aspects. CRC press, Florida. United States. 102p.

Banni, M.; Negri, A.; Mignone, F.; Boussetta, H.; Viarengo, A. et Dondero, F. (2011). Gene expression rhythms in the mussel *Mytilus galloprovincialis* (LmK.) across an annual cycle, PLoS ONE. 6(5): e18904p.

Beaumont, A. et Truchot, J. (2004). Biologie et physiologie animal. Dunod. (2^{ème} éd) .Paris. 493: 84-86 p. 512p

Beaune, P.H. et Lorient, M.A. (2000). Bases moléculaires de la susceptibilité aux xénobiotiques: aspects métaboliques. Laboratoire de toxicologie moléculaire. Univ René-Descartes. Centre universitaire des Saints-Pères. Paris Cedex 06. France.

Biney, C.; Amuzu, A.T.; Calamari, D.; Kaba, N.; Mbome, I.L.; Naeve, H.; Ochumba, O.; Osibanjo, O.; Radegonde, V. et Saad, M.A.H. (1994). Etude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique africain. FAO Rapp.Peches. 471:7-45. Et ecotoxicol. Environ. saf. 28:134-159p.

Blum, W.E. (1990). Pollution des sols par métaux lourds. Sixième conférence ministérielle européenne sur l'environnement. Bruxelles.

Boukadida, A. (2017). Etude des réponses de la moule *Mytilus sp.* exposée à des stress métallique et thermique durant les stades embryo-larvaires. Milieux et changements globaux. Université de Bordeaux. Thèse Doctorat en sciences biologiques et biotechnologie et géochimie et écotoxicologie. France.

Bourcart, C. et Lubet, P. (1963). Cycle sexuel et évolution des réserves chez *Mytilus galloprovincialis* (LmK) (Mollusque Bivalve). Rapport de la commission internationale pour l'exploration scientifique de la mer méditerranée. 18:155-158p.

Boutan, M. (1900). Zoologie descriptive, anatomie, histologie et dissection des formes typiques d'invertébré. Place de l'odéon. Paris. o. Doin. 2: 627p.

C

Cahen, D. (2006). Dossier didactique, Moules natures, Muséum des Sciences naturelles.

Campbell, A.C. et Nicholls, J. (1986). Guide de la faune et de la flore littorale des mers d'Europe, ed : Delachaux et Niestlé, coll: « Les guides du naturaliste ». Lion. 322 p.

Carriker, M.R. (1961). Interrelation of functional morphology, behaviour, and autecology in early stages of the bivalve *Mercenaria mercenaria*. J. Elisha Mitchell Sci Soc.77(2): 168-241p.

Casas, S. (2005). Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb. Et Zn) en milieu méditerranéen. Thèse du Doctorat en Océanologie biologique, Environnement marin. Univ. du Sud ToulonVar. 301 p.

Chipperfield, P.N.J. (1951). The breeding of *Crepidula fornicata* (L.) in the river blackwater, Essex. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 30(1): 49–71p.

Claisse, D. (1992). Accumulation des métaux lourds et polluants organiques par les coquillages. *In* Coquillages et santé publique, du risque à la prévention (Editions Ecole Nationale de la Santé Publique). Deuxième partie, chapitre VI, pages 99-111p.

Cossa, D. (1989). A review of the use of *Mytilus* spp as quantitative indicators of cadmium and mercury contamination in coastal waters. *Oceanologica Acta*, 12(4), 417-432p.

D

Daby, D. (2006). Coastal pollution and potential biomonitors of metals in Mauritius. *Water Air and Soil Pollution*. 174: 63-91p.

Daniels, E.W.; Longwell, A.C.; Niff, J.M. et Wolfgang, R.W. (1973). Ultrastructure of ovocytes from the American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). Trans. Am. Microsc. Soc. 92(3): 337-349p.

Deconick, J.F. (1971). Moule nature. (dossier pédagogiques). resp.D. cahen-rue vautier 29 1000 bruxelles. 15p.

Djedaoune, A. (2015). Comportement des polluants des eaux pluviales urbaines en réseaux d'assainissement (caractéristiques et origines) : cas de la plaine d'Annaba. Rev. Sci. Technol., Synthèse 30 : 40-47p.

Djediat, C. (1993). Etude histo-physiologique et ultra structurale de la gonade femelle de *Mytilus galloprovincialis* (LMK), Mollusque bivalve lamellibranche. Estimation. de la maturité sexuelle et de la structure des populations. Thèse de Magister histo-cytologie. Option Biologie marine. USTHB. Alger. 90p.

Dorange, G. (1989). Les gamètes de *Pecten maximus* (Mollusca, Bivalvia). Thèse, Univ. Bretagne Occident. (UBO). Brest France. 133 p.

F

El-Hraiki, A. ; Kessabi, M. ; Sabhi, Y. ; Bernard, P. et Buhler, D.R. (1992). Contamination par le cadmium, le chrome, le mercure et le plomb des produits de la pêche marocaine prélevés en mer Méditerranée. Rev. Med. Vet. Laboratoire de Toxicologie. Rabat, Maroc. 143: 49-56p.

F

Fisher, W.S. (1988). Environmental influence on bivalve hemocyte function. In: Fisher, W.S. Disease processes in marine bivalve molluscs. Am. Fish. Soc. Special Publication. 225-237 p.



- Gaitonde, D. ; Sarkar, A ; Kaisary, S ; Silva, C.D ; Dias, C ; Rao, D.P ; RAY, D ; Nagarajan, R ; DE Sousa, S.N ; Sarker, S. et Patill, D. (2006).** Acetylcholinesterase activities in marine snail (*Cronia contracta*) as a biomarker of neurotoxic contaminants along the Goa coast, west coast of India. *Ecotoxicology* 15:353-358p.
- Galloway, T.S. (2006).** Biomarkers in environmental and human health risk assessment. *Mar. Pollut. Bull.*53 (10-12):606-613p.
- Galtsoff, P.S. (1961).** Physiology of reproduction in molluscs. *Am. Zool.* 1 (2): 273-289p.
- Galtsoff, P.S. (1964).** The American oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). *Fish. Bull.* 64: 480p.
- Galtsoff, P.S. et Philpott, D.E. (1960).** Ultrastructure of the spermatozoon of the oyster *Crassostrea virginica*. *Ultrastruct. Res.* 3: 241-253p.
- George, G. et Pirie, B. (1980).** Metabolism of zinc in the mussel, *Mytilus edulis* (L.): a combined ultrastructural and biochemical study. *the Marine Biological Association of the United Kingdom.* 60: 575-590p.
- George, G. (1980).** Correlation of metal accumulation in mussels with the mechanisms of uptake metabolism and detoxification. A review. *Thalassia Jugoslavica*, 16: 347-365p.
- Germaine, D. (1989).** Les gametes de *pecten maximus* L (mollusca ,bivalvia). Universite de bretagne occidentale. Laboratoire de Biologie Marine. These de doctorat d'universite (Mention Océanologie Biologique). 259p.
- Goldberg, E.D.; Bowen. V.T.; Farrington. W.; Harvey, G.; Matin, JH.; Parker, P.L.; Risebrough, R.; Robertson, W.; Schneider, E. et Gamble, E. (1978).**The musselwarch. *Environ conservation.* Cambridge University Press. 5:101-125p.
- Gosling, E. (1992).** Systematics and geographic distribution of *Mytilus*: in the mussel *Mytilus*: ecologie, phisiologie, genetic and culture, *Development in Aquaculture and Fisheries Science* Ed Amesterdam, Elsevier, Amesterdam 25: 1-20p.

H

Haouchine, M. (1995). Ecologie et biologie de la reproduction de la moule *Mytilus galloprovincialis* (LMK) au sein d'un écosystème lagunaire saumâtre le lac EL –MELLAH, thèse de magister. I.S.N. U.S.T.H.B. Alger. 56p.

His, E. et Cantin, C. (1977). Biologie et physiologie des coquillages. Ifremer's institutional repository. 118p.

Howells, G. (1994). water quality for freshwater fish; further advisory criteria. Reading. U.K. Gordon and breach. 222p.

I

Inra, C. (2006). Chapitre 2. Connaissances de l'utilisation des pesticides. In Pesticides, agriculture et environnement. Rapport d'expertise scientifique collective. 61 p.

The international tanker owners pollution federation "ITOPF" (2013). Promoting Effective Spill Response. Effets de la pollution par les hydrocarbures sur les peches et la mariculture. Guide d'information techniques. 13p.

J

Johnstone, M.B.; Ellis, S.; Mount, A.S. (2008). Visualization of shell matrix proteins in hemocytes and tissues of the Eastern oyster, *Crassostrea virginica*. J. Exp. Zoolog. B Mol. Dev. Evol. 310:227–239p.

Joiris C.R.; Holsbeek L. et Otchere F.A. (2000). Mercury in the bivalves *Crassostrea tulipa* and *Perna perna* from Ghana. Mar. Pollut. Bull. 40(5):457-460p.

K

Kabata-Pendias, A. et Pendias, H. (2001). Trace elements in soils and plants. (3^{ème} éd). CRC Press, Boca Raton. London. New-York. 403p.

Kitching, J.A.; Sloane, J.F. et Ebling, F.J. (1959). The mussels and their predators. *The journal of animal ecology*. British Ecological Society. Ecology of Lough Ine: VIII. 28(2): 331-341p.

L

Lacaze, J.C. (1993). La dégradation de l'environnement côtier, conséquences écologiques. (3^{ème} éd). Masson. France. 149p.

Lamarck, J. (1819). Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Présentant les caractères généraux et particuliers de ces animaux ... précédée d'une introduction. Verdière. Paris. 343. 8(2). 462p.

Le Dantec, J. (1968). Ecologie et reproduction de l'huitre portugaise (*Crassostrea angulata* Lamarck) dans le bassin d'Arcachon en sur la rive gauche de la Gironde. Rev. Trav.Inst. peches Marit. 32 (3): 237-362p.

Le Gall, P. (1963). Etude des moulières norman des renouvellement, cycle, croissance. Thèse doctorat. 3^{ème} cycle. Caen.1-71p.

Liehr, G.A.; Zettler, M.L.; Leipe, T. et Wilt, G. (2005). The ocean quahog *Arctica islandica* L.: a bioindicator for contaminated sediments. Marine biology 147: 671-679p.

Lubet, P. (1959). Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilidés et les Pectinidés. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes. 23(3): 384-548p.

Lubet, P. (1963). Physiologie des moules. Bull. Soc.Sci. Vet. Med, Comp. Lyon. 65(1): 31-62p.

Lubet, P. (1973). Exposé synoptique des données biologiques sur la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lmk., 1819). Synop. F.A.O. pêche 88 p.

Lubet, P. et Chappuis, J. (1966). Etude du débit palléal et de la filtration par une méthode directe chez *Mytilus edulis* et *M. galloprovincialis*. Bull. Soc. Linnéenne Normandie, 10: 210-216p.

Lucas, A. (1965). Recherches sur la sexualité des Mollusques Lamellibranches. Bull. Biol. Fr. Belg. 99(2):115-249p.



Marchand, M. (2002). Peut-on éliminer les substances chimiques dangereuses du milieu marin?. Ifremer, DEL / PC. 49-56p.

Marteil, L. (1976). La Conchyliculture française - Biologie de l'huître et de la moule. Institut scientifique et technique des pêches maritimes. 319 p.

Martiel, L. (1960). Ecologie des huitres du Morbihan, *Ostrea edulis* et *Gryphaea angulata* Lamarck. Rev. Trav. Inst. Peches Marit. 29 (2): 327-446.

Martin ; M.C. ; Zwingelstein, G. et Jouanneteau, J. (1970). Composition des lipides de différents tissus de *Mytilus galloprovincialis*. Ann. Inst. Michel Pacha 2: 27-35p.

Maurice, M. (1996). L'écotoxicologie appliquée au milieu marin. Direction de l'environnement et de la menagement littoral. R.INT.DEU96. 11/NANTES .104 p.

Maynaud, G. (2012). Adaptation aux métaux lourds de populations de *rhizobia* impliquées dans la phytostabilisation de déblais miniers : Identification des mécanismes d'adaptation au Zn et au Cd, et structuration des populations de *rhizobia* adaptées au site miniers, thèse Doctorat. Microbiologie/Parasitologie. Univ de Montpellier. 230p.

McDonald, J.H.; Seed, R. et Koehn, R.K. (1991). Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the Northern and Southern Hemispheres. Mar. Biol. 111: 323-333p.

Meriouma, N. et Taleb, A. (2016). Contribution à la contamination des moules par les bactéries du genre *Vibrio*. thèse doctorat. Veterinaire. Univ Saad Dahlab-Blida. 25 p.

Medhioub, A. et Lubet, P. (1988). Recherches cytologiques sur l'environnement cellulaire tissue des reserves des gonades de la palourde (*Ruditapes philippinarum* Adams et Reeve), Mollusque bivalve. AIII. Sc. Na/. Zool" l'aris, 13 (9): 87-102p.

Mouabad, A. (1991). Toxicite comportementale et physiologique (filtration, respiration) des métaux lourds (cu, zn, hg, cd et pb) chez la moule d'eau douce *Dreissena polymorphapallas*. These Doctorat. L'univ de METZ. Laboratoire d'écologie. 240p.

Mount, A.S.; Wheeler, A.P.; Paradkar, R.P. et Snider, D. (2004). Hemocyte-mediated shell Mineralization in the eastern oyster. *Science*. 304:297-300p.

Mylène, C. (2011). Effets des hormones stéroïdes sexuelles non traitées dans les effluents municipaux. Essai présenté au centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de maître en environnement. Centre universitaire de formation en environnement. Université de Sherbrooke, Québec, Canada. 56 p.



Negraia, G. (2010). Impact écotoxicologique des hydrocarbures monoaromatiques dans l'environnement au Canada. Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l'obtention du grade de maîtrise en environnement (M.Env.). Univ de Sherbrooke, Québec, Canada. 66-67 p.

Nies, D.H. (1990). Microbial heavy-metal resistance. *Appl Microbial biotechnol*. 51: 730-750p.



Pagliassotti, M.J.; Davis, S.N. et Cherrington, A.D. (1994). The role of the liver in maintaining glucose homeostasis. Austin R. G. Landes Company.

Parant, M. (1997). Le métabolisme des xénobiotiques chez les bivalves. (6^{ème} éd). Elsevier. Paris. 321: 485-494p.

Pipe, R.K. (1987): Oogenesis in the marine mussel *Mytilus edulis*: An ultrastructural study. *Mal. Biol.*, 95: 405-414p.

R

Rainbow, S.P. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. Mar. Pollut. Bull. 31(4–12): 183-192p.

Ramade, F. (2007). Introduction a l'écotoxicologie: fondements et applications. Lavoisier. Paris. 618p.

Ramade, F. (2011). Introduction à l'écochimie, les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. Lavoisier. Paris. 828p.

Ramade, F. (2005). Elément d'écologie, écologie appliquée. (6^{ème} éd).. Dunod. Paris. 864 p.

Raven, P. (1966). Biology. (11^{ème} éd). Mc Graw-Hill Education. London. 1408P.

S

Schulz-Baldes, M. (1974). Lead uptake from sea water and food, and lead loss in the common mussel *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 25:177-193p.

Simkiss, K. et Mason, A.Z. (1983). Metal ions: metabolic and toxic effects. Academic press. 2 :101-164p.

T

Thielley, M. (1993). Etude cytologique de la gamétogénèse, du sex-ratio et du cycle de reproduction chez l'huitre perlière, *Pinctada margaritifera* (L.) var. *cumingii* (Jameson), (mollusques bivalves). Comparaison avec le cycle de *Pinctada maculata* (Gould). Thèse de doctorat, université française du Pacifique. 233p.

Tranter, D.J. (1958). reproduction in Australian pearl oysters (lamelli-branchia). IV: *Pinctada margaritifera* (Linnaeus). Aust. Mar. Freshw. Res. 9: 509-525p.

V

Viarengo, A. et Canesi, L.; Pertica, M.; Mancinelli, G.; Accomando, R.; Smaal, A.C. et Orunesu, M. (1991). Stress on stress response: A simple monitoring tool in the assessment of a general stress syndrome in mussels. *Marine Environmental Research*. 39(1-4): 245-248p.

Y

Yonge, C.M. (1960). Oysters . Londres , Collins Ed. 209p.

Sites web

Bouchard J-M. (2004). Les organismes pluricellulaires : la moule.

IFEN, (2004). Les pesticides dans les eaux : sixième bilan annuel, données 2002. Institut Français de l'Environnement (www.ifen.fr).

FAO Fishery statistics , (2002). www.fao.org/culturespecies/Mytilus / galloprovincialis. state of world fisheries and aquaculture.

Résumé

Résumé

Les multiples activités humaines occasionnent des rejets de substances chimiques vers le milieu terrestre et aquatique. La présente étude concerne la contamination du Mollusque Bivalve *Mytillus galloprovincialis* par les différents polluants tels que les métaux lourds qui peuvent affecter la salubrité du milieu marin, puisqu'ils ne subissent pas de dégradation biologique. Ils peuvent de ce fait, s'accumuler dans les différents maillons des chaînes trophiques à des concentrations toxiques dans les organismes marins. Dans cette étude, notre travail visualise l'utilisation de ce Bivalve comme un bioindicateur de la pollution marins. Afin, d'envisager le problème de la pollution environnementale, par la bio-surveillance et la prévision des effets et des risques toxicologiques.

Mots clés : Mollusque Bivalve, *Mytillus galloprovincialis*, gonades, polluants, contamination.

Abstract

Multiple human activities cause discharges of chemical substances to the terrestrial and aquatic environment. The present study concerns the contamination of the Bivalve Mollusc *Mytillus galloprovincialis* by various pollutants, such as the heavy metals that could affect the health of the marine environment, since they do not undergo biological degradation. As a result, they could accumulate in various links of the trophic chains at toxic concentrations in marine organisms. In this study, our work visualises the use of this bivalve as a bioindicator of marine pollution. In order to, consider the problem of environmental pollution, through bio-monitoring and prediction of toxicological effects and risks.

Key words : The Bivalve Mollusc, *Mytillus galloprovincialis*, gonads, pollutants, contamination.

المخلص

تتسبب الأنشطة البشرية العديدة في إطلاق مواد كيميائية في البيئة البرية والبحرية. تتعلق الدراسة الحالية بتلوث الرخويات ثنائية الصدفة بلح البحر *Mytillus galloprovincialis* بواسطة الملوثات المختلفة مثل المعادن الثقيلة التي قد تؤثر على سلامة البيئة البحرية ، لأنها هذه الأخيرة لا تخضع للتخريب البيولوجي.

لذلك يمكن لهذه العناصر المعدنية أن تتراكم في الروابط المختلفة للسلاسل الغذائية علي مستوى العضوية البحرية الحية. في هذه الدراسة، تم استخدام ذو الصدفتين الثنائي كمؤشر بيولوجي لتقييم التلوث البحري من أجل النظر في مشكلة التلوث البيئي ، من خلال المراقبة الحيوية والتنبؤ بالآثار والمخاطر السمية.

الكلمات المفتاحية: الرخويات ثنائية الصدفة , بلح البحر *Mytillus galloprovincialis*, الغدد التناسلية , الملوثات , مؤشر بيولوجي .

